

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-110726

(P2002-110726A)

(43) 公開日 平成14年4月12日 (2002. 4. 12)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/60

識別記号

3 1 1

F I

H 0 1 L 21/60

21/92

テマコード* (参考)

3 1 1 S 5 F 0 4 4

6 0 2 D

6 0 2 G

6 0 2 R

6 0 3 A

審査請求 有 請求項の数24 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-304708(P2000-304708)

(22) 出願日 平成12年10月4日 (2000. 10. 4)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「超高密度電子S I 技術の研究開発エネルギー使用合理化技術開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

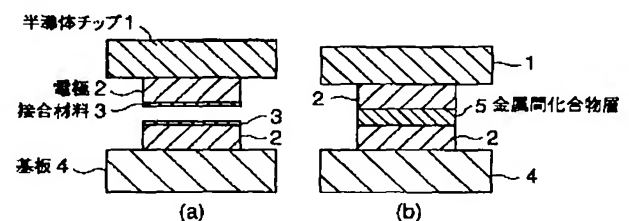
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体チップのフリップチップ実装において、実装時や実使用時の高温環境や、温度サイクル環境で拡散によって軟質の接合材料から金属間化合物層へ変化するような構造変化をなくし、かつ拡散によって生じる偏析等の欠陥による信頼性の低下を防止しする。

【解決手段】 半導体チップ1上の電極2と基板4上の電極2とが相互に対向するように電気的に接続された半導体装置であって、半導体チップ1上の電極2と基板4上の電極2とは、所望の電極材料と接合材料3とにより形成された金属化合物層5を介して接合されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体チップ上の第 1 の電極と基板上の第 2 の電極とが相互に対向するように電気的に接続された半導体装置において、

上記第 1 の電極と上記第 2 の電極とは、所望の電極材料と前記第 1 および第 2 の電極の少なくとも一方に供給された接合材料とにより形成された金属間化合物層を介して接合されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 前記第 1 の電極と上記第 2 の電極とは、同一の形状を有することを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

【請求項 3】 前記第 1 及び第 2 の電極の形状は、凸形状であることを特徴とする請求項 2 の半導体装置。

【請求項 4】 前記第 1 の電極の寸法と上記第 2 の電極の寸法とは、相互に異なることを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

【請求項 5】 前記第 1 及び第 2 の電極のいずれか一方の形状が凹状であって、他方の電極の形状が凸状であることを特徴とする請求項 4 の半導体装置。

【請求項 6】 前記第 1 及び第 2 の電極が、前記半導体チップ表面より突出形成されるように前記半導体チップに埋め込まれ、前記突出された電極の表面すべてに前記接合材料が供給された構造を有することを特徴とする請求項 1、2 又は 4 の半導体装置。

【請求項 7】 前記第 1 及び第 2 の電極が、前記半導体チップ表面より突出形成されるように前記半導体チップに埋め込まれ、前記突出された電極の上面のみに前記接合材料が供給された構造を有することを特徴とする請求項 1、2 又は 4 の半導体装置。

【請求項 8】 前記第 1 および第 2 の電極の少なくとも一方に供給された接合材料が前記電極面積より小さい開口面積の領域に供給されて構成されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかの半導体装置。

【請求項 9】 前記基板は、半導体チップであることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかの半導体装置。

【請求項 10】 前記電極材料が銅もしくは銅合金で、前記接合材料が錫であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかの半導体装置。

【請求項 11】 前記電極材料がニッケル、金もしくはそれらの合金のいずれかから選択された材料であり、前記接合材料が錫およびインジウム、アンチモン、パラジウムから選択された材料であることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれかの半導体装置。

【請求項 12】 半導体チップ上の第 1 の電極と基板上の第 2 の電極とが所望の電極材料により形成され、かつ相互に対向するように電気的に接続された半導体装置の製造方法において、
上記第 1 及び第 2 の電極の少なくとも一方の電極上に、所望の接合材料を形成し、
上記電極材料と上記接合材料との間の拡散により金属間

化合物層を形成し、

この金属間化合物層を介して上記第 1 の電極と上記第 2 の電極とを接合することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 13】 前記接合材料は、第 1 及び第 2 の電極の両方に形成されていることを特徴とする請求項 12 の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】 前記接合材料が前記電極の面積より小さい開口面積の領域に形成され、

上記電極材料と上記接合材料との間の拡散により金属間化合物層を形成し、

この金属間化合物層を介して上記第 1 の電極と上記第 2 の電極とを接合することを特徴とする請求項 12 又は 13 の半導体装置の製造方法。

【請求項 15】 前記金属間化合物層は、前記接合材料が前記電極材料中にすべて拡散することにより、接合界面上に上記接合材料が残らないように形成されることを特徴とする請求項 12 から 14 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 16】 前記接合材料は、前記電極材料に対して拡散可能な単一の金属材料であることを特徴とする請求項 12 から 15 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 17】 半導体チップ上の第 1 の電極と基板上の第 2 の電極とが所望の電極材料により形成され、かつ相互に対向するように電気的に接続された半導体装置の製造方法において、

上記第 1 及び第 2 の電極の少なくとも一方の電極上に、所望の接合材料を薄く形成し、

上記第 1 の電極と上記第 2 の電極とを位置合わせし、

上記接合材料を介して上記第 1 及び第 2 の電極同士を加圧接触させ、

上記接合材料を加熱し、

加熱した状態で保持することにより、すべての接合材料が電極材料と金属間化合物を形成するまで拡散させ、

この金属間化合物層を介して上記第 1 の電極と第 2 の電極とを接合することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 18】 前記第 1 及び第 2 の電極を前記半導体チップに埋め込み、前記半導体チップを研磨し、ドライエッチングにより前記半導体チップを選択的に加工することにより前記電極を突出させ、前記接合材料を前記突出形成された電極の表面全体に供給することを特徴とする請求項 12 から 17 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 19】 前記第 1 及び第 2 の電極を前記半導体チップに埋め込み、前記半導体チップを研磨し、前記研磨して露出した前記電極上面に前記接合材料を供給し、ドライエッチングにより前記半導体チップを選択的に加工することにより、前記接合材料が上面に供給された前記電極を突出させることを特徴とする請求項 12 から 1

3

8のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 20】 前記第 1 および第 2 の電極の少なくとも一方に供給された接合材料が前記電極面積より小さい開口面積の領域に供給されてなることを特徴とする請求項 12 から 19 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 21】 前記加圧温度は、前記接合材料の融点以上であることを特徴とする請求項 12 から 20 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 22】 前記加圧温度は、前記接合材料の融点以下であり、固相拡散により前記金属間化合物を形成することを特徴とする請求項 12 から 21 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 23】 前記第 1 および第 2 の電極の接合面を活性化させた後加圧接触させ、加熱することを特徴とする請求項 12 から 22 のいずれかの半導体装置の製造方法。

【請求項 24】 前記活性化処理が、プラズマにより励起されたアルゴン、酸素もしくはフッ素のいずれかのガスを照射することにより行われることを特徴とする請求項 23 の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体チップ上の電極と基板上の電極とが相互に対向するように電気的に接続された半導体装置及びその製造方法に関する。特に、半導体装置の接合構造および半導体装置の接合方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体チップのフリップチップ実装において、電気的接続を得るための接続構造は Sn と Pb を使用した 2 元合金のハンダもしくは Sn を主成分とした多元合金ハンダによる金属接合が一般的に用いられている。

【0003】特に、よく知られた構造として C4（コントロール コラップス チップ コネクション）と称される構造がある。

【0004】この従来の接合構造を図 11 に示す。

【0005】半導体チップ 1 の電極 2 およびチップ搭載する基板 4 の電極 2 は、ハンダぬれ性の良好な Cu や Ni 等のバリアメタルが使用され、Sn と Pb により構成されるハンダ 20 が電極 2 上にメッキまたはスパッタリングなどによる手法で供給され、一旦加熱溶解されて電極 2 上にて球状に形成する。

【0006】このようにして、ハンダバンプを形成された半導体チップ 1 を位置あわせし、基板 4 へ搭載するとともにハンダ 20 を加熱溶解してハンダ接合する。ここで得られた接合構造は電極の Cu とハンダの Sn が金属間化合物 5a、5b を形成し接続され、ハンダ 20 を介して半導体チップ 1 と基板 2 とが電気的接続されている。

4

【0007】ハンダ 20 は半導体チップ 1 と、基板 4 の間隙を形成し、半導体チップ 1 と基板 4 との熱膨張差による応力集中を緩和する役目を持っている。ハンダ 20 を Sn Pb 共晶とした場合は半導体チップ 1 の電極 2 には Ni もしくは Cr Cu / Cu のバリアメタルとし、Pb 95% Sn 5% の高融点ハンダを使用する場合は Cu のバリアメタルが用いられる。

【0008】この C4 接合によれば電極 2 すなわち半導体チップ 1 に荷重を掛けることなく加熱のみにより接合できるという利点があり、回路面に電極が配置されたエリアレイ半導体チップの実装に適する。

【0009】また、フリップチップ実装の電気的接続を得るための接続構造において、他の従来技術として Au スタッドバンプを使用した Au バンプの圧着技術が挙げられる。

【0010】この圧着技術による従来の接合構造を図 12 に示す。

【0011】半導体チップ 1 の電極 24 上に、Au ワイヤボンディングを利用したスタッドバンプ 23 を形成し、搭載する相手基板 4 の電極には Au メッキ 22 を施し、加熱、加圧によって Au 同士の接続を得る。

【0012】この技術によれば、半導体チップ 1 の電極 24 は通常の場合と同じ A1 電極が使用でき、また Au は非常に酸化しにくい材料であるため、単純な加熱と加圧で接合できる利点がある。

【0013】上記 C4 による接続（図 11 参照）は、半導体チップの電極とハンダの界面において高温保管や温度サイクルでの信頼性上の問題点を持っている。

【0014】共晶はんだを使用し、電極に Cu を使用した場合、パッケージ組立時やパッケージ実装時の繰り返しの加熱により、半導体チップの電極をハンダが溶解し、電極下地との密着が劣化するという問題がある。

【0015】さらに、通常使用される A1 が電極として使用できないので特殊仕様の電極が必要であるためコストが高くなる。

【0016】また高温使用環境下において、共晶ハンダを使用した C4 接続は特殊仕様のバリアメタルであっても、バリアメタルと Sn との固相拡散反応により金属間化合物層を形成し、このとき界面近傍のハンダを構成する Sn および Pb に固溶している Sn が拡散するため金属間化合物層付近で Pb の偏析が起こり、極端に機械的特性の異なる金属間化合物層と偏析した Pb 層が温度サイクルによる応力集中で破壊の起点となるという問題が発生する。

【0017】一方、Au スタッドバンプを使用した圧着接合（図 12 参照）においては、通常の A1 電極を使用することができるが、Au スタッドバンプ形成時に荷重や超音波を併用する為、衝撃が大きく掛かる。

【0018】また、Au メッキを利用して同様の構造は形成できるが、接合面を塑性変形させ、充分な密着面を

出すため、接合時には 300℃～400℃の非常に高い温度と高い荷重を掛けて接合する必要がある。

【0019】よって、半導体チップ、特に回路面に電極が形成されたエリアレイ半導体チップに対しては、半導体チップを破壊または特性の変化を起こす恐れがあり、適用することが困難である。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記従来技術の問題点を鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、半導体チップの接合構造において高温保管や温度サイクルによって信頼性を損なうことなく、欠陥のない安定した接合構造を提供することにある。

【0021】また、本発明の他の目的は半導体チップの接合構造において高温保管や温度サイクルによって信頼性を損なうことなく、欠陥のない安定した接合構造を低荷重、低加熱温度によって製造する方法を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明では、半導体チップ上の第1の電極と基板上の第2の電極とが相互に対向するように電気的に接続された半導体装置において、上記第1の電極と上記第2の電極とは、所望の電極材料と前記第1および第2の電極の少なくとも一方に供給された接合材料とにより形成された金属間化合物層を介して接合されている。

【0023】この場合、前記第1の電極と上記第2の電極とは、同一の形状を有することが好ましい。

【0024】前記第1及び第2の電極の形状は、例えば、凸形状である。

【0025】前記第1の電極の寸法と上記第2の電極の寸法とは、相互に異なっても良い。

【0026】例えば、前記第1及び第2の電極のいずれか一方の形状が凹状であって、他方の電極の形状が凸状である。

【0027】前記第1及び第2の電極は、好ましくは、前記半導体チップ表面より突出形成されるように前記半導体チップに埋め込まれ、前記突出された電極の表面すべてに前記接合材料が供給された構造を有する。

【0028】前記第1及び第2の電極は、前記半導体チップ表面より突出形成されるように前記半導体チップに埋め込まれ、前記突出された電極の上面のみに前記接合材料が供給された構造を有しても良い。

【0029】前記第1および第2の電極の少なくとも一方に供給された接合材料は、前記電極面積より小さい開口面積の領域に供給されて構成されることが望ましい。

【0030】ここで、前記基板は、半導体チップであっても良い。

【0031】前記電極材料は、銅もしくは銅合金で、前記接合材料が錫であることが好ましい。

【0032】前記電極材料は、例えば、ニッケル、金もしくはそれらの合金のいずれかから選択された材料であり、前記接合材料が錫およびインジウム、アンチモン、パラジウムから選択された材料である。

【0033】また、本発明では、半導体チップ上の第1の電極と基板上の第2の電極とが所望の電極材料により形成され、かつ相互に対向するように電気的に接続された半導体装置の製造方法において、上記第1及び第2の電極の少なくとも一方の電極上に、所望の接合材料を形成し、上記電極材料と上記接合材料との間の拡散により金属間化合物層を形成し、この金属間化合物層を介して上記第1の電極と上記第2の電極とを接合する。

【0034】ここで、前記接合材料は、好ましくは、第1及び第2の電極の両方に形成されている。

【0035】前記接合材料は、前記電極の面積より小さい開口面積の領域に形成され、上記電極材料と上記接合材料との間の拡散により金属間化合物層を形成し、この金属間化合物層を介して上記第1の電極と上記第2の電極とを接合することが望ましい。

【0036】前記金属間化合物層は、前記接合材料が前記電極材料中にすべて拡散することにより、接合界面に上記接合材料が残らないように形成される。

【0037】前記接合材料は、例えば、前記電極材料に対して拡散可能な単一の金属材料である。

【0038】また、本発明では、半導体チップ上の第1の電極と基板上の第2の電極とが所望の電極材料により形成され、かつ相互に対向するように電気的に接続された半導体装置の製造方法において、上記第1及び第2の電極の少なくとも一方の電極上に、所望の接合材料を薄く形成し、上記第1の電極と上記第2の電極とを位置合わせし、上記接合材料を介して上記第1及び第2の電極同士を加圧接触させ、上記接合材料を加熱し、加熱した状態で保持することにより、すべての接合材料が電極材料と金属間化合物を形成するまで拡散させ、この金属間化合物層を介して上記第1の電極と第2の電極とを接合する。

【0039】この場合、前記第1及び第2の電極を前記半導体チップに埋め込み、前記半導体チップを研磨し、ドライエッチングにより前記半導体チップを選択的に加工することにより前記電極を突出させ、前記接合材料を前記突出形成された電極の表面全体に供給することが好ましい。

【0040】あるいは、前記第1及び第2の電極を前記半導体チップに埋め込み、前記半導体チップを研磨し、前記研磨して露出した前記電極上面に前記接合材料を供給し、ドライエッチングにより前記半導体チップを選択的に加工することにより、前記接合材料が上面に供給された前記電極を突出させても良い。

【0041】前記第1および第2の電極の少なくとも一方に供給された接合材料は、例えば、前記電極面積より

小さい開口面積の領域に供給されてなる。

【0042】前記加圧温度は、前記接合材料の融点以上であることが望ましい。

【0043】前記加圧温度は、前記接合材料の融点以下であり、固相拡散により前記金属間化合物を形成しても良い。

【0044】また、前記第1および第2の電極の接合面を活性化させた後加圧接触させ、加熱するようにしても良い。

【0045】前記活性化処理が、プラズマにより励起されたアルゴン、酸素もしくはフッ素のいずれかのガスを照射することにより行われることが好ましい。

【0046】

【作用】本発明による接合構造は、半導体チップの電極と基板の電極との電気的接続を得るために、電極材料と接合材料の拡散により、接合材料がすべて拡散し金属間化合物層となり、接合界面に接合材料の層が残らずに、この金属間化合物層によって接合された構造であることを特徴としている。

【0047】本発明によれば、金属間化合物層は電極との界面が拡散によって形成された緻密な界面であり、従来に比べ強度が高くなる。

【0048】また、接合材料層がすべて金属間化合物層に変換されているため、高温環境や、温度サイクル環境での実使用時に、従来のように軟質の接合材料から金属間化合物層へ変化するような構造変化がない。

【0049】さらに、接合材料はすべて拡散するため、偏析等の欠陥がない接合部が得ることができ、信頼性が向上すると言う効果を持つ。

【0050】本発明の接合方法は、電極材料に対して拡散可能な単一の金属材料を接合材料とし、接合材料を極めて薄く電極上に供給し、位置合せの後、接合材料をすべて拡散、金属間化合物化させるまで加圧、加熱することにより金属間化合物層により接合することを特徴とする接合方法である。

【0051】この方法によれば、接合材料を拡散させるための時間を極めて短く且つ、荷重をかけることなく信頼性の高い接合部を得ることが可能となる。

【0052】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を、図面を参照しながら以下に詳述する。

【0053】（第一の実施の形態）図1を参照すると、本発明の一実施の形態としての接合部の断面図が示されている。図1(a)は接合前の断面図、図1(b)は接合後の断面図をそれぞれ示している。

【0054】図1(a)では、半導体チップ1の電極2がCuで、基板4の電極もCuであり、接合材料3はSnにより構成されている。この電極2を位置合わせし、Sn面がすべて接触する程度に加圧し、Snを所定の温度以上に加熱する。

【0055】接合材料であるSnと電極2のCuは反応が進み、金属間化合物層を形成し、接合が完了する。得られた接合部の構成は、SnがすべてCuとの合金化に寄与し、CuSn金属間化合物層5によってCuの電極が接合されている状態となる。金属間化合物5はCuとSnの組成比の異なる数種の金属間化合物が層状に形成される。

【0056】図2は、Snは加熱によってCu中へ拡散するが、層中のSn濃度勾配を均一にするためこのように層状(5a, 5b, 5c)に成長して行き、十分に拡散が進んだ場合は単一の金属間化合物層となることを示す断面図である。

【0057】図1及び図2ともどちらの場合も、このように形成されたCuとSnの接合部は2元合金であるため、拡散によってSnPb合金によって接合された接合のように偏析層が生成されることなく、また界面から均一に傾斜した合金層であるため外部からの応力に対して非常に信頼性が高い。

【0058】ここでは半導体チップ1と接合する相手は基板4であるが、半導体チップ1同士を接続することも可能で、同様の効果を持つ。

【0059】さらに、接合方法として加圧しつつ、加熱し、金属間化合物層5を拡散により形成しているが、加圧および加熱が仮接合の工程であって、この工程の後に一括して加熱層により所定温度で加熱し金属間化合物層5を拡散により形成しても良い。

【0060】また、上記では電極の接合面は前処理を行っていないが、接合の前処理として電極を加圧し、加熱する以前に、アルゴン、酸素もしくはフッ素等がプラズマにより励起されたガスを照射して、表面の有機物、もしくは酸化物を除去し、接合を実施しても良い。

【0061】（第二の実施の形態）図3は、本発明の第二の実施の形態を示す断面図である。

【0062】接合する2つの相対する電極2a, 2bの寸法を異なるものとして、一方の電極2aが凹形状であっても、他方の電極2bをその電極2aの凹形状以下の寸法の凸型電極とすることで確実な接触が得られる構造としている。

【0063】図3で示す電極2aはスパッタ法により製作された電極であり、エッチングを利用するため絶縁膜10でカバーされた配線の段差が電極2a上部まで現れる。この段差より小さい面積の電極2bを無電解メッキ法により形成したため電極2bの表面は、凸形状となり所望の接続構造がなし得る。

【0064】ここで、図3では、接合材料3は電極2a上にもみ供給されているが、図4及び図5に示すとおり、相対する電極の一方もしくは両方に供給されていてもその効果は変わらない。より具体的には、図4では、電極2bの方にのみ接合材料3が供給されている。

【0065】一方、図5では、電極2a及び電極2bの

両方に対して、接合材料 3 が供給されている。

【0066】ここでは、凸形状の電極 2 b を得るため無電解メッキによる方法を示したが、電解メッキ法により膜厚を厚くした場合でも同様な形状は得ることができ、また、その他の方法によって凸形状の電極を得ても良い。

【0067】（第三の実施の形態）図 6 は、本発明の第三の実施の形態を示す断面図である。

【0068】相対する電極 2 a, 2 b が同形状である電極が、無電解メッキにより製作されておりどちらの場合も凸形状の電極を用いて、本発明の接合部を得ることも可能である。

【0069】この場合において、接合材料 3 は電極 2 a 上および電極 2 b 上に供給されているが、図 7 に示す通り、相対する電極の一方に供給されていてもその効果は変わらない。図 7 では、電極 2 a のほうに、接合材料 3 が供給されている。

【0070】ここでは、凸形状の電極 2 b を得るため無電解メッキによる方法を示したが、電解メッキ法により膜厚を厚くした場合でも同様な形状は得ることができる。また、スタッドバンプや、その他の方法によって凸形状の電極を得ても良い。

【0071】さらに、接合材料 3 の供給形態は電極 2 上の全面に供給されているが、突出された電極の場合、図 8 に示すように、その側面を覆う場合でも良く、また電極上面より小さい面積に供給されていても良い。その他、電極上に半球形状に滴下された形状であっても良い。

【0072】また、半導体チップの裏面に電極 2 を形成し、半導体チップ 1 を 2 つ以上の複数実装する場合は、図 9 に示す通り、貫通した電極 2 を形成して接合する。

【0073】まず、半導体チップ 1 に電極 2 を埋め込む（図 9 (a)）。

【0074】そして、埋め込まれた電極 2 を裏面から研磨し、電極 2 の表面を露出させる（図 9 (b)）。

【0075】その後、ドライエッチング工程にて選択的にシリコンをエッチングし、突出電極 2 を形成する（図 9 (c)）。

【0076】その後、無電解錫メッキにより、突出した電極 2 の表面全体をメッキして接合材料 3 を供給し、電極 2 として接合する（図 9 (d)）。

【0077】一方、図 10 では、まず、電極を半導体チップ 1 に埋め込む（図 10 (a)）。

【0078】そして、埋め込まれた電極 2 を研磨工程により露出させる（図 10 (b)）。

【0079】次に、無電解錫メッキにより、接合材料 3 を電極 2 の上面に供給する（図 10 (a)）。

【0080】その後、シリコンをドライエッチングにより選択的にエッチングし、電極 2 として接合する（図 1

0 (d)）。

【0081】上述した実施の形態では、電極は Cu であり、接合材料に Sn と言う構成で示しているが、接合材料としては電極の Cu に対して拡散、金属間化合物層を形成する材料であればよく、例えば In が挙げられる。

【0082】また、接続の温度は高くなるが Sb、Pd など金属間化合物を形成する材料や、金属間化合物は形成しないが全率固溶する Ni など単一の合金を形成するため本接合構造を得ることが可能である。

【0083】また、電極としては Ni、Au などを選択することができ、その場合、それらの電極材料と金属間化合物を形成する接合材料を選択する。

【0084】

【実施例】次に、図 1 を参照して、本発明の実施例を説明する。

【0085】図 1 (a) では、半導体チップ 1 の電極 2 が Cu であり $5 \mu\text{m}$ の厚さであり、基板 4 の電極 2 は Cu $18 \mu\text{m}$ の厚さを有し、接合材料 3 は Sn が $0.5 \mu\text{m}$ の厚さで構成されている。

【0086】電極 2 を位置あわせした後、Sn 面がすべて接触する荷重にて加圧し、Sn の融点以上である 300°C に加熱する。Sn は電極 2 の Cu と反応し、反応とともに固溶体もしくは金属間化合物層を順次形成する。

【0087】反応により形成された金属間化合物 5 は融点が 300°C 以上の高温であり、当初融点以上に加熱され液相であった接合部は固相化し接合が完了する。得られた接合部の構成は Sn がすべて Cu との合金化に寄与し、CuSn 金属間化合物層 5 によって Cu の電極 2 が接合されている状態となる。

【0088】金属間化合物 5 は、Cu と Sn の組成比の異なる数種の金属間化合物が層状に形成される。図 2 は、上述の状態をさらに加熱継続して得られる接合部の構造である。

【0089】Sn は加熱によって Cu 中へ拡散するが、層中の Sn 濃度勾配を均一にするためこのように層状 (5 a, 5 b, 5 c) に成長して行き、十分に拡散が進んだ場合は単一の金属間化合物層 5 となる。

【0090】図 1 及び図 2 のどちらの場合も、このように形成された Cu と Sn の接合部は、2 元合金であるため拡散によって Sn Pb 合金によって接合された接合のように偏析層が生成されることなく、また界面から均一に傾斜した合金層であるため外部からの応力に対して非常に信頼性が高い。

【0091】ここで、供給される Sn 層の厚さは $0.5 \mu\text{m}$ を採用しているが加熱時間や拡散時間によって $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ の厚さがある場合も、また電極表面の平坦性にもよるが電極表面が接触することが可能であれば $0.5 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ 以下の厚さでも本発明の接合部の形成は可能である。

【0092】さらに、ここでは半導体チップ 1 を接合す

る相手は基板 2 としているが、半導体チップ 1 で電極 2 の厚さは搭載する半導体チップ 1 の厚さと同じであれば接合可能で、同様の効果を持つ。

【0093】また、ここでは加圧後の加熱温度は Sn の融点以上とし、 $300^{\circ}C$ を選定しているが、融点以下の温度でも本発明の接合構造を得ることができる。加熱温度を $180^{\circ}C$ とした場合は、接合材料 3 の Sn は熔融せず電極の Cu と固相での拡散反応により金属間化合物層 5 を形成する。

【0094】この場合、液相の状態にならないため固溶体を形成せず、金属間化合物層 5 を順次形成していくため接合部の形成に時間がかかるものの、均一な金属間化合物層 5 を形成できるという効果を有する。

【0095】なお、本発明は上記各実施の形態及び実施例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において適宜変更され得ることは明らかである。

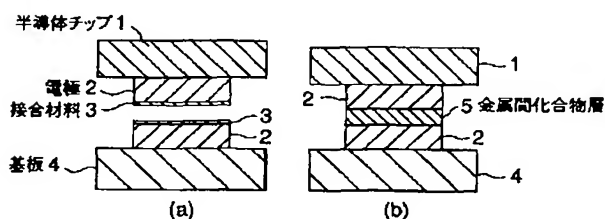
【0096】

【発明の効果】本発明によれば、接合構造は半導体チップの電極と基板の電極との電気的接続を得る為に、電極材料と接合材料の拡散により、接合材料がすべて拡散し、金属間化合物層となり、接合界面に接合材料の層が残らずに、この金属間化合物層によって接合されている。この構造では、金属間化合物層は電極との界面が拡散によって形成された緻密な界面であり従来に比べ強度が高くなるという効果がある。

【0097】また、接合材料層がすべて金属間化合物層に変換されているため、高温環境や、温度サイクル環境での実使用時に従来のように軟質の接合材料から金属間化合物層へ変化するような構造変化がなく、かつ接合材料はすべて拡散するため、偏析等の欠陥がない接合部が得ることができ、信頼性が向上するという効果を有する。

【0098】さらに、本発明の接合方法は、電極材料に対して拡散可能な単一の金属材料を接合材料とし、接合材料を極めて薄く電極上に供給し、位置合せの後、接合材料をすべて拡散、金属間化合物化させるまで加圧、加熱することにより金属間化合物層により接合することを特徴とする接合方法であり、この方法によれば、接合材料を拡散させるための時間を極めて短くかつ、荷重をかけることなく信頼性の高い接合部を得ることができる。

【図 1】



【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施の形態による半導体装置の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 2】本発明の第一の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 3】本発明の第二の実施の形態による半導体装置の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 4】本発明の第二の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 5】本発明の第二の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 6】本発明の第三の実施の形態による半導体装置の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 7】本発明の第三の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 8】本発明の第三の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 9】本発明の第三の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 10】本発明の第三の実施の形態による半導体装置の他の接合構造および接合方法を示す断面図である。

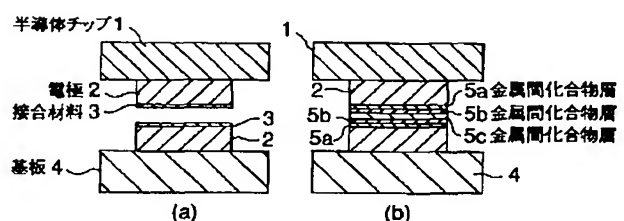
【図 11】従来の半導体装置の接合構造および接合方法を示す断面図である。

【図 12】従来の他の半導体装置の接合構造および接合方法を示す断面図である。

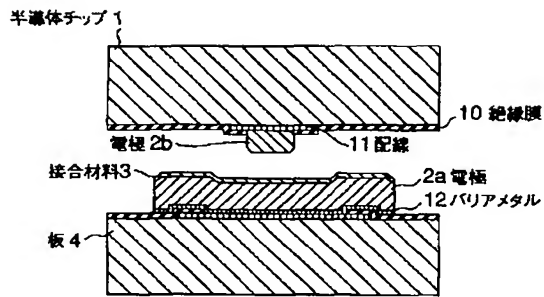
【符号の説明】

- 1 半導体チップ
- 2 電極
- 3 接合材料
- 4 基板
- 5 金属間化合物層
- 10 絶縁膜
- 11 配線
- 12 バリアメタル
- 20 ハンダ
- 21 偏析層
- 22 Auメッキ
- 23 Auスタッドバンプ
- 24 Al電極

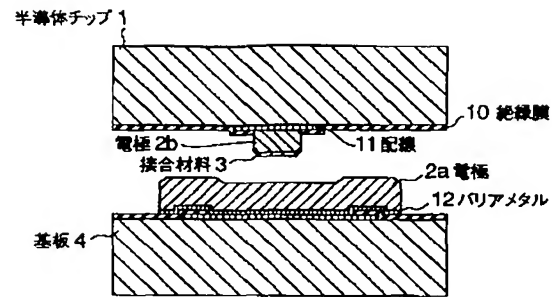
【図 2】



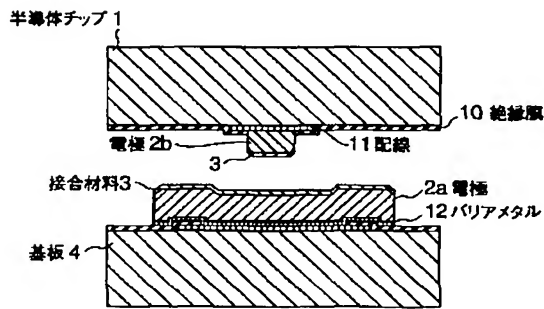
【図3】



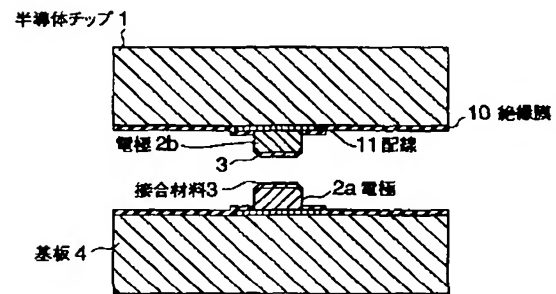
【図4】



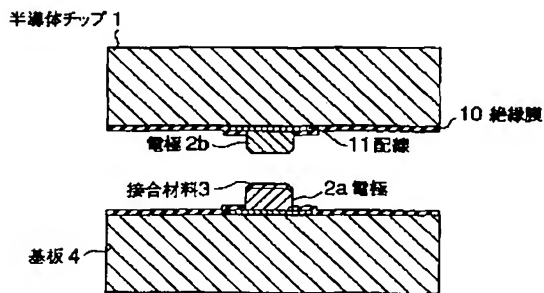
【図5】



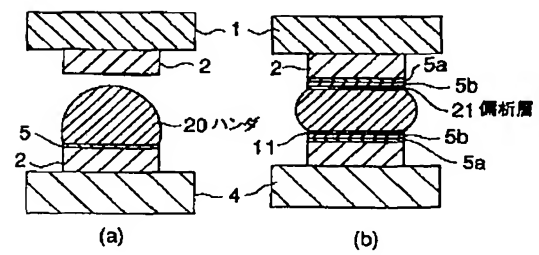
【図6】



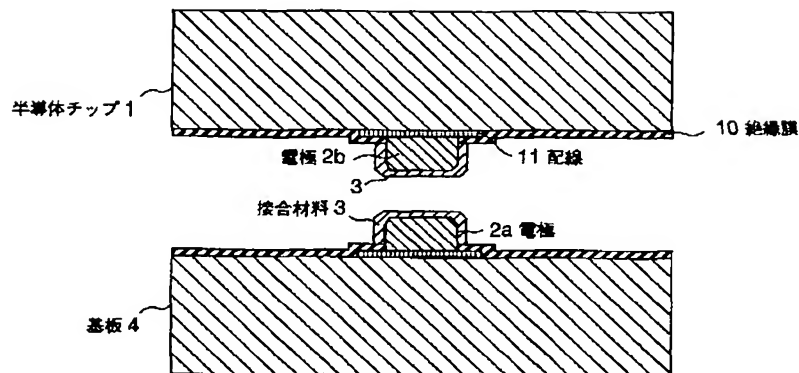
【図7】



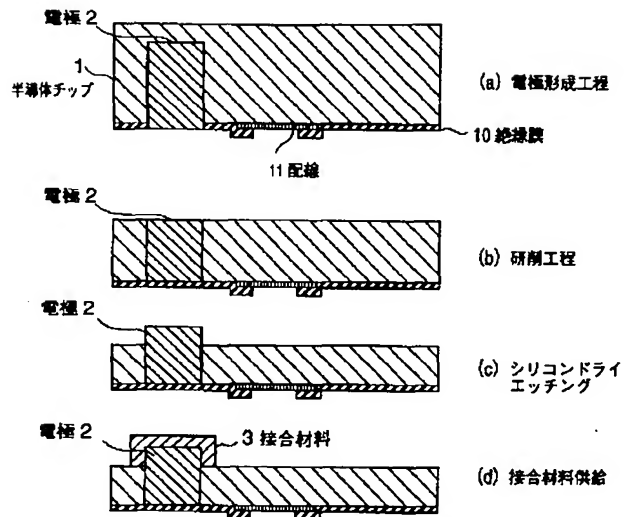
【図11】



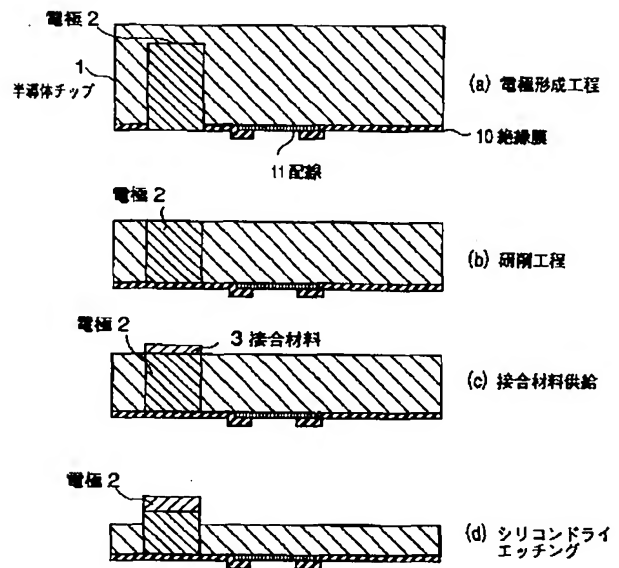
【図8】



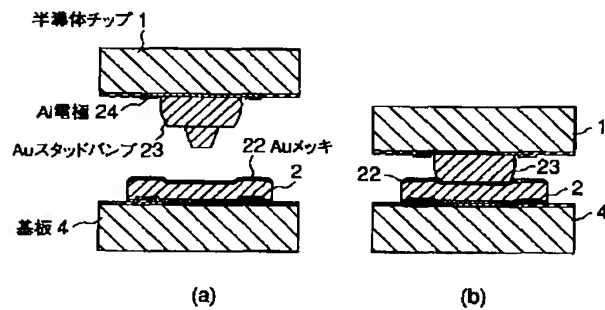
【図 9】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H O 1 L 21/92

6 0 4 A

(72) 発明者 田子 雅基
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 富田 至洋
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 高橋 健司
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝内

F ターム (参考) 5F044 KK01 KK05 KK17 KK18 KK19
LL05 QQ02 QQ03 QQ04 RR02